

Actes du Congrès
COLLÈGES CÉLÉBRATIONS 92
Conference Proceedings



MONTREAL MAY 24 25 26 27 MAI 1992

Formation fondamentale en sciences et APO

par

Renée DESAUTELS et Pierre DESAUTELS
Cégep de Rosemont
(Québec)

Atelier 1C21

Collèges
créateurs d'avenir

Colleges
creators of the future



Association des collèges
communautaires du Canada



Association québécoise de
pédagogie collégiale

Formation fondamentale en sciences et APO

Renée Desautels

Pierre Desautels

Collège de Rosemont

“Il ne faut pas bourrer les jeunes esprits de faits, de noms et de formules. Tout cela se trouve aisément dans les livres. L'enseignement devrait s'employer uniquement à apprendre aux jeunes à penser, à leur donner cet entraînement qu'aucun manuel ne peut remplacer.”

Albert Einstein

0. Introduction

Je vais vous parler cet après-midi de formation fondamentale et plus particulièrement de formation fondamentale en sciences de la nature et du rôle que les applications pédagogiques de l'ordinateur peuvent y jouer.

Le dictionnaire définit fondamental comme suit: “Qui sert de fondement. Qui a l'importance d'une base, un caractère essentiel et déterminant.” Par opposition, on pourrait parler de quelque chose de secondaire, d'accessoire, dont on pourrait se passer sans que l'essentiel ne soit affecté.

1. Ce qu'est la formation fondamentale

1.1 Deux types

On peut distinguer deux types de formation fondamentale: une formation fondamentale qu'on peut caractériser de générale, qui est nécessaire à tout citoyen d'une société donnée, et une formation fondamentale spécialisée plus spécifique à un champ d'activité particulier.

1.2 La formation fondamentale générale

La formation fondamentale générale s'acquiert tout d'abord à la maison: l'enfant apprend à communiquer, il apprend à être propre, il apprend sa langue maternelle, il apprend à vivre en société, ... Cet apprentissage se poursuit ensuite hors de la maison et, plus particulièrement, à l'école. L'enfant acquiert des connaissances sur sa langue, en mathématiques, en histoire, en géographie, ... Il développe également ses habiletés intellectuelles, des attitudes, des comportements: il apprend à respecter les autres, à faire des phrases complètes, à classer, à assurer sa sécurité, ...

1.3 La formation fondamentale spécialisée

Au delà de cette formation fondamentale générale, utile à tous, l'enfant aura un jour à acquérir une formation fondamentale plus spécialisée, dans le champ de sa formation professionnelle en particulier. S'il devient mécanicien, il apprendra ce qu'est un distributeur, ce que sont des pistons et il apprendra à régler un moteur, ... Sa formation spécialisée sera acquise graduellement, en allant du plus simple au plus compliqué. S'il devient mécanicien spécialisé en turbines d'hélicoptère, sa formation comportera une phase supplémentaire et il acquerra des connaissances et développera des habiletés qui seraient inutiles ou secondaires à un mécanicien de machinerie diesel par exemple.

Il est évident que la formation fondamentale spécialisée fait appel aux éléments de formation fondamentale générale dont nous avons parlé plus tôt. Mais elle y ajoute des éléments qui lui sont propres.

1.4 Tentative pour cerner l'idée de formation fondamentale

L'apparition et l'utilisation du concept de formation fondamentale en milieu scolaire peut être vue comme une forme de réaction à l'accumulation de plus en plus considérable des connaissances, plus particulièrement dans les secteurs scientifiques et techniques. On parle d'explosion des connaissances, de croissance exponentielle du volume des connaissances. Toutes les connaissances sont-elles également importantes? Sans doute pas. En biologie, le concept d'homéostasie est certainement fondamental alors que le trajet exact des urètres chez le rat blanc ne l'est pas, du moins pour l'étudiant qui suit un premier cours de biologie.

Alors, quelles sont donc les connaissances, les habiletés et les attitudes qui sont fondamentales, celles sans lesquelles on ne peut prétendre avoir une bonne connaissance et une bonne compréhension d'un domaine donné, peu importe que ce soit la politique, l'histoire, l'économie ou la physique. La question est importante et sa réponse n'est pas évidente.

Plusieurs ont tenté de caractériser ou de définir la formation fondamentale, en particulier Jacques Laliberté (1984, 1987) qui a effectué une étude sur ce concept tel qu'on le retrouve dans la documentation américaine et française. Voyons les éléments qui sont généralement retenus comme caractéristiques de la formation fondamentale.

La formation fondamentale vise les éléments sur lesquels va reposer tout le reste de la formation. En contexte scolaire, aux niveaux secondaire et collégial, elle part d'un type d'approche du réel, celui de la physique, celui de la sociologie, ou de l'économie, ou encore de la psychologie, ... elle poursuit la maîtrise des concepts de base, des repères historiques, des démarches méthodiques, ... Elle ouvre sur la transdisciplinarité; elle retient, pour une part significative, l'aspect instrumental d'une discipline qui débouche sur le développement d'habiletés de base: poser et résoudre un problème, analyser, synthétiser, clarifier, ... Elle développe la capacité à effectuer un retour critique sur les démarches utilisées. Elle implique la cohérence et elle favorise le transfert des connaissances et habiletés.

La formation fondamentale, qu'elle soit générale ou spécialisée et peu importe le niveau auquel on la dispense, repose sur deux composantes étroitement interreliées, qui s'influencent mutuellement, soit

a) le développement de la pensée dans tous ses éléments, de diverses habiletés (autant manuelles qu'artistiques, sociales, intellectuelles ou autres), d'aptitudes et d'attitudes, d'approches, de comportements,

b) soit l'acquisition de connaissances de base pour fonctionner adéquatement dans son environnement. Il va de soi que le développement ne peut se réaliser qu'à travers l'acquisition de connaissances et que cette dernière est d'autant plus efficace que le développement est réussi.

La formation fondamentale est par ailleurs acquise en bonne partie dans le cadre d'activités qui portent sur des sujets limités: formuler une hypothèse à l'égard d'un phénomène observé, effectuer une expérience bien particulière, analyser des résultats de cette expérience, discuter de l'application d'un concept à une situation donnée, résoudre un problème spécifique, critiquer les résultats obtenus par un étudiant, communiquer les résultats d'une expérience qu'on a effectuée, exposer sa méthode de travail, ...

Il est clair également que le concept de formation fondamentale spécialisée n'est pas un concept en noir et blanc. On ne peut songer à classer d'un côté ce qui est fondamental et de l'autre ce qui ne l'est pas, sans autre précision. La réalité est pleine de subtilités.

Voyons maintenant comment la notion de formation fondamentale spécialisée peut s'appliquer au secteur des sciences comme la chimie, la physique, ou la biologie.

2. La formation fondamentale en sciences

2.0 Quelques éléments

Précisons tout d'abord que je n'ai pas l'intention de parler de la formation fondamentale en sciences de façon générale et exhaustive, mais que j'essaierai plutôt de traiter des points pour lesquels les APO peuvent y jouer un rôle.

Si nous nous basons sur ce que j'ai dit précédemment, on pourrait dire qu'aux niveaux secondaire et collégial, la formation fondamentale en sciences passe en particulier par le développement de l'esprit critique, de la pensée formelle, par une connaissance pratique et théorique de la méthode expérimentale, par l'apprentissage de connaissances et d'habiletés de base par opposition à des connaissances ou des habiletés très spécialisées et peu transférables. Saisir, par exemple, que la masse est conservée lors d'une réaction chimique par opposition à connaître la structure tridimensionnelle de la molécule de chlorure de polyvinyle. La formation fondamentale en science passe également par la reconnaissance des liens qui existent entre la science vue en classe et ses manifestations dans la vie de tous les jours, par une certaine connaissance des idées qui ont mené aux idées actuellement acceptées, par la capacité à communiquer sur des sujets à contenu scientifique,

Bref, tout en s'ancrant dans un savoir disciplinaire, la formation fondamentale en science doit déboucher en particulier sur une bonne vision de la science: "comment se

construit le savoir scientifique", comment ce savoir permet de comprendre certains phénomènes de la vie courante, quels sont les domaines accessibles à la connaissance scientifique et, ce qui est tout aussi important, quels sont ceux qui ne le sont pas (Henry, 1989).

2.1 Fondamental ou non? ou quelques subtilités du concept

Voici quelques aspects de l'apprentissage qui, selon l'éclairage sous lequel on les regarde font ou ne font pas partie de la formation fondamentale en sciences.

Tout d'abord, il y a la mémoire. Il est tout à fait essentiel, en sciences comme ailleurs, d'avoir une bonne mémoire: sans elle il serait impossible de faire des liens, impossible de comprendre. L'école devrait donc développer la mémoire, c'est ce qu'on peut appeler un élément de formation fondamentale générale. D'un autre côté, un apprentissage "par coeur", qui consiste à savoir réciter sans rien comprendre, ne constitue certainement pas en lui-même un élément de formation fondamentale. On peut pouvoir citer les trois lois de Newton sans en comprendre le sens et la portée, et le fait qu'on puisse le faire ne démontre pas qu'on maîtrise un concept fondamental en physique.

Un autre aspect maintenant: connaître un ensemble de méthodes, de "recettes" est extrêmement pratique: connaître la méthode pour résoudre une équation du second degré ou les lois de Kirchhoff qui permettent de déterminer les courants qui circulent dans un circuit par exemple. Connaître les bonnes méthodes et savoir quand et comment les utiliser constitue probablement un élément de formation fondamentale dans un domaine particulier. Cependant, ne connaître que des recettes qu'on ne peut justifier ne constitue pas un élément de formation fondamentale. Ne savoir de la méthode expérimentale que le truc mnémotechnique OHERIC (Observation Hypothèses Expérimentation Résultats Interprétation Conclusion), sans voir les "idées" qu'il y a derrière cette méthode, de ce qu'elle a de spécifique, d'unique, par rapport aux autres méthodes de connaissance, comme la référence à l'autorité, sans être capable d'appliquer cette méthode expérimentale à des cas qui s'y prêtent, c'est manquer d'un élément important d'une formation fondamentale en science expérimentale.

Voyons un troisième aspect qui peut, ou non, être considéré fondamental, selon ce qu'on fait. La résolution de problèmes "par analogie", pour sa part, est un moyen puissant d'aide à la résolution de problèmes. Il est utilisé couramment par les scientifiques et devrait être enseigné à l'école. Cependant, être capable de résoudre le problème #23 du chapitre 4 par analogie avec l'exemple #2, sans rien comprendre ni à l'un ni à l'autre, ce n'est pas maîtriser cet outil important d'une bonne formation en science qu'est la résolution de problèmes "par analogie".

Considérons un dernier exemple qui illustre qu'un même élément peut ou non servir à la formation fondamentale, selon la façon dont il est utilisé. Les manuels de classe sont extrêmement utiles et il est absolument hors de question que l'étudiant ait à retrouver tout le contenu des manuels, même de façon guidée. Cependant, considérer les manuels scientifiques un peu comme des livres "sacrés" dans lesquels on trouve la vérité, sans jamais avoir confronté au moins un peu de ce savoir à l'expérience et sans que ce savoir puisse être contesté, c'est passer à côté d'un aspect fondamental de la formation en sciences expérimentales: toute affirmation scientifique doit pouvoir, à la limite, être prouvée expérimentalement. Nous pourrions sûrement citer plusieurs autres points du même genre, ce qui montre que réussir à faire de la

formation fondamentale, ce n'est pas simple.

J'aborderai maintenant une dimension qui peut sembler accessoire, mais qui est déterminante dans l'établissement de ce qui est fondamental pour un cours donné.

2.2 La surcharge des programmes

En sciences, les programmes sont très chargés (Tobias, 1985) si chargés que presque tout le temps est consacré à l'acquisition de connaissances et à son évaluation, au détriment d'habiletés comme la pensée critique, qui ne sont pratiquement jamais évaluées pour elles-mêmes. Au moins faudrait-il vérifier si les connaissances mises au programme sont fondamentales pour le niveau où elles sont enseignées. En plus, vu le manque de temps, il arrive en physique qu'on ait parfois tendance à présenter cette discipline exclusivement comme un édifice mathématique et logique, sans faire voir, ne serait-ce qu'un peu, comment cet édifice a été édifié et que l'ordre et la structure qu'on y retrouve n'y sont apparus que graduellement. Les étudiants eux croient souvent, pour leur part, que des esprits très supérieurs au leur l'ont édifié tel quel, rationnellement, logiquement, sans jamais errer, ce qu'eux, évidemment, n'auraient jamais pu faire (Blouin, 1986). Il faut que les étudiants puissent voir comment la connaissance nouvelle peut être générée, quels sont les liens entre la physique de tous les jours et la structure logique de la physique.

Deux autres facettes qui peuvent a priori ne pas sembler fondamentales et qui, par voie de conséquence, sont pratiquement mises de côté dans les cours de science, sont le développement d'une bonne intuition des phénomènes (lorsque c'est possible) et l'étude des applications de la science.

2.3 Le développement de l'intuition

L'intuition est une habileté intellectuelle dont le développement fait cependant partie de la formation fondamentale: bonne intuition du déroulement d'une réaction chimique, bonne intuition du comportement d'une fonction mathématique, bonne intuition du mouvement d'un projectile, ...

Or, comme on le sait, il est fréquent que des étudiants voient certains phénomènes en classe, la chute des corps par exemple, et conservent, et ce même lorsque rendus à l'université, une vision erronée de ces phénomènes, alors qu'ils ont pourtant bien réussi les examens. (Lillian C. McDermott, 1984. Hestenes David, Abou Halloun Ibrahim, 1985. McCloskey Michael, Washburn Allyson, Felch Linda, 1983). C'est une situation quelque peu absurde: dans un même esprit se côtoient deux représentations plus ou moins incompatibles d'une même réalité, l'enseignement ne parvient pas à changer un modèle erroné des phénomènes, elle parvient seulement à coller à côté d'un modèle aristotélicien un autre modèle qui sera utilisé en contexte scolaire ou professionnel, mais pas dans la vie de tous les jours.

2.4 Les retombées pratiques de la science

Doit-on parler ou pas des applications de la science dans la vie quotidienne à l'intérieur des cours de science? Est-ce important, pour ne pas dire fondamental? Actuellement, au niveau collégial, quand on en parle, c'est souvent "en passant", on y fait "allusion". On n'a pas le temps d'entrer suffisamment dans les détails pour que les étudiants

comprennent *vraiment* les liens qui existent entre ce qui a été vu au cours et l'application qui a été mentionnée.

Or, si on veut que plus d'étudiants perçoivent la science comme un domaine compréhensible, à leur portée, moyennant bien sûr une bonne somme de travail, *il faut le faire*. Certains (Désautels J. 1980) ont parlé d'aliénation face à la science et à la technologie: nous vivons en effet dans un monde transformé par la science et la technologie et, pour bien des gens, ces domaines apparaissent totalement hors de portée; ils semblent le domaine des nouveaux magiciens, des seuls initiés. Dans une société où les citoyens ont à prendre position sur des sujets à contenu scientifique comme le nucléaire, les manipulations génétiques, l'environnement, ... c'est certainement une vision à changer. La science et la technologie peuvent être comprises à un niveau utile par tout humain normalement constitué, à condition qu'il fasse les efforts requis et qu'on les lui présente de façon appropriée. Ceci ne change évidemment rien au fait que seule une minorité peut parvenir à un haut niveau de maîtrise sanctionné, par exemple, par un doctorat, de la même façon que seule une minorité peut parvenir à soulever 200 kg ou à jouer l'étude transcendante de Liszt.

3. Comment établir ce qui est fondamental

Les différents points que j'ai abordés, même s'ils ne représentent qu'une partie de la situation, laissent entrevoir qu'il n'est pas facile de déterminer ce qui est fondamental au niveau de l'acquisition des connaissances, ni de trouver les méthodes d'enseignement et d'apprentissage propices à intégrer intimement cette acquisition au développement de la pensée, des habiletés, des attitudes et des comportements définis comme fondamentaux. Voyons ensemble une possibilité de précéder pour l'établissement de ce qui est fondamental pour une formation spécialisée dispensée dans le cadre d'une initiation aux sciences.

Faisons tout d'abord un parallèle avec le développement de systèmes experts. L'histoire des systèmes experts a montré que, dans un domaine spécialisé comme celui de l'établissement d'un diagnostic médical, il est tout à fait insuffisant de demander à des médecins spécialistes comment ils s'y prennent pour établir tel ou tel diagnostic. On a constaté en effet qu'en pratique, ces experts utilisent bien sûr un ensemble de méthodes et de critères explicites, dont ils sont conscients et qu'ils peuvent expliquer; mais ils ont également recours à des éléments d'intuition, de savoir-faire plus ou moins conscients. Ces éléments intuitifs sont absolument essentiels à la résolution des problèmes pour lesquels les médecins spécialistes sont experts. Le savoir conscient, déduit logiquement, vient bien souvent confirmer, justifier ce qu'un autre niveau de connaissance a révélé en premier lieu.

En conséquence, il y a maintenant des gens dont la tâche est justement d'identifier tous les niveaux d'expertise, conscients ou inconscients, d'un expert humain, de façon à permettre ensuite la réalisation d'un système expert qui soit performant. Il faudra observer comment l'expert procède face à des cas concrets, l'interroger sur ce qui dicte ses choix, ses décisions, ses gestes, aller au-delà des apparences.

Or, j'estime fort probable qu'on retrouve le même phénomène lorsqu'on tente d'établir ce qui est fondamental dans l'enseignement d'une discipline. Les spécialistes d'une discipline comme la chimie ou la biologie sont exactement cela, des spécialistes en chimie ou en biologie. Ils n'ont pas de préparation particulière pour identifier ce qui est fonda-

mental ou ce qui l'est moins dans leur domaine de connaissance. Evidemment, si on demandait à un groupe de chimistes ce qui est fondamental dans leur discipline, il serait sans doute possible d'obtenir un consensus sur bon nombre de points. Je prétends cependant que certains aspects importants des habiletés qui font un bon chimiste ne seraient même pas mentionnées. Ces habiletés sont le plus souvent utilisées inconsciemment et on ne pense pas à les développer de façon consciente chez nos étudiants.

Pour parvenir à identifier toutes les habiletés qui sont fondamentales dans un champ de connaissance donné, il faudrait donc, en plus des experts de ce domaine, faire appel à des gens préparés et extérieurs à cette discipline, pour mener le processus à bien. C'est peut-être beaucoup demander parce qu'on sait en effet que la possession d'une connaissance spécialisée constitue une forme de pouvoir et que les humains ont généralement de la difficulté à remettre leur pouvoir en cause, même faiblement.

Passons maintenant au rôle que sont susceptibles de jouer les applications pédagogiques de l'ordinateur dans le développement d'une formation fondamentale en science.

4. APO et formation fondamentale en sciences

4.1 Trois points majeurs

Trois points sont majeurs dans la poursuite d'objectifs fondamentaux: tout d'abord que ces objectifs fondamentaux aient été clairement identifiés, ensuite, le fait de disposer d'outils qui permettent la poursuite efficace de ces objectifs et finalement, le fait de disposer de moyens d'évaluation qui permettent de vérifier si ces objectifs ont été atteints.

4.2 Les atouts des APO

Tout un ensemble de faits donnent à croire que les applications pédagogiques de l'ordinateur peuvent contribuer significativement à la formation fondamentale en sciences.

Ainsi, lorsque l'élève travaille à l'ordinateur, il le fait à son propre rythme, il peut recommencer deux fois, cinq fois, jusqu'à ce qu'il soit sûr de lui, et cette confiance nouvellement acquise, qu'il n'aurait pu développer dans le cadre du travail en classe, parce qu'on n'a alors pas le temps de revenir cinq fois sur la même situation, il la transfère graduellement à d'autres situations.

Bien réalisée, l'intégration pédagogique de l'ordinateur favorise le développement de l'autonomie de l'élève: c'est lui qui décide de son cheminement. Le rythme et les besoins d'apprentissage individuel sont alors mieux respectés qu'ils ne peuvent l'être dans le cadre de l'enseignement tel qu'il se pratique habituellement.

Il existe des logiciels qui permettent à un étudiant d'identifier quelles sont ses lacunes au niveau de la langue et ensuite d'effectuer des exercices appropriés pour corriger ces lacunes (Exploratexte de Machina Sapiens). L'ordinateur peut corriger les exercices faits par l'étudiant et l'orienter dans sa démarche.

L'utilisation du traitement de texte par les élèves leur permet de parvenir à des textes mieux structurés et mieux formulés. Il leur est en effet possible de revenir sur leur travail autant de fois que nécessaire pour que le résultat soit satisfaisant et le document produit est toujours très propre.

Il est possible de réaliser des banques de problèmes dans lesquelles l'étudiant pourra trouver différentes formes d'aide et une évaluation de ses résultats (Mécanica).

Il existe un logiciel qui initie au tableau de Mendeleïev (de Micro-Intel) et qui fait comprendre pourquoi les éléments sont regroupés de cette façon.

J'ai eu l'occasion de voir un logiciel sur la logique formelle et qui peut guider l'étudiant dans un raisonnement ou encore expliquer pourquoi et comment il arrive à une certaine conclusion (Système tutoriel d'enseignement de la logique, DGEC).

Il serait tout à fait possible, avec la technologie actuelle, de réaliser un CD ROM qui porte sur les applications pratiques des principes physiques vus dans les cours de niveau secondaire et collégial.

Quant à la méthode expérimentale, qui constitue l'un des éléments clés de la formation fondamentale en sciences de la nature, on pourrait croire au premier abord que c'est dans le contexte du laboratoire que l'étudiant serait le mieux à même d'en faire l'apprentissage. Cependant, le temps requis pour mener à bien une expérience oblige, en pratique, à se limiter le plus souvent à une seule mesure: on laisse tomber un objet une fois et on étudie sa chute. On n'a pas le temps de reprendre l'étude avec d'autres objets et dans différents contextes. Or, la simulation permet, dans un court laps de temps, d'étudier un phénomène dans différents contextes, ce qui ajoute, pour l'élève, à la validité, à la fiabilité et surtout à la généralité des résultats.

Un autre élément important vient du fait que toutes les mesures expérimentales sont entachées d'incertitudes liées à la précision des appareils de mesure et à la façon de procéder. Ces incertitudes, inhérentes à toute mesure, peuvent rendre difficile aux élèves l'interprétation des résultats et parfois leur faire perdre complètement de vue l'objectif de l'expérience. En effet, l'interprétation des résultats suppose plusieurs opérations: mise en tableaux, graphiques d'illustration, graphiques d'analyse, établissement des équations mathématiques permettant de décrire le phénomène étudié. Il est déjà très difficile d'apprendre à faire cette dernière opération lorsque toutes les valeurs expérimentales coïncident parfaitement avec les valeurs théoriques. Quand il s'y ajoute en plus des incertitudes, souvent importantes, cela complique passablement la situation. La simulation à l'ordinateur permet donc à l'élève de vivre une étape intermédiaire plus facile où il a l'occasion de se familiariser avec les diverses opérations d'interprétation dans un contexte plus simple.

Nous avons été à même de vérifier que l'utilisation de Mécanica, un logiciel mis au point par Renée Desautels et moi-même en collaboration avec la firme Machina Sapiens, pouvait contribuer efficacement au développement de la capacité des étudiants à avoir une démarche expérimentale autonome et efficace, tout au moins dans le domaine de la mécanique. Il a été démontré également (Desautels, 1985), que l'utilisation de simulations interactives pouvait favoriser grandement le développement d'une bonne intuition du mouvement d'objets qu'on lance ou qu'on échappe.

L'utilisation pédagogique de l'ordinateur peut certainement également rendre de grands services en évaluation formative aussi bien sur des aspects jugés fondamentaux que sur d'autres plus secondaires. Cette évaluation pourrait porter aussi bien sur le développement d'habiletés que sur l'acquisition de méthodes ou de connaissances. Des banques d'évaluation pourraient être constituées et l'étudiant pourrait y recourir, au moment où il le juge opportun ou à la suggestion de son professeur, pour évaluer, pour lui-même, quelle est sa maîtrise d'un secteur particulier de la matière. En plus de permettre des simulations, Mécanica contient également une banque de ce genre, avec plusieurs formes d'aide pour l'étudiant.

4.3 Conditions pour que le potentiel des APO s'exprime

Pour que le potentiel pédagogique de l'ordinateur puisse s'exprimer, il faut, bien sûr, que les écoles disposent d'un nombre suffisant d'appareils qui ne soient pas trop démodés. Il faut que de bons logiciels soient développés, ce qui est loin d'être facile. Il faut aussi que des formules appropriées d'intégration pédagogique de l'ordinateur soit mises au point. En effet, il ne suffit pas de recourir aux APO pour obtenir de bons résultats, encore faut-il y recourir de la bonne manière et au moment qui convient. Il faut également que les enseignants et les étudiants soient amenés à s'approprier ces nouveaux outils, ce qui demande un effort d'évolution qui, il faut bien le reconnaître, est assez important.

5. Conclusion

On peut conclure en disant que pour identifier judicieusement les éléments fondamentaux d'une bonne formation en science, réussir à implanter ces objectifs dans les curriculum et se donner des outils pour parvenir à leur atteinte, il faudra que le milieu de l'enseignement des sciences accepte de recourir à une approche inusitée pour procéder à l'identification de ce qui est fondamental en enseignement des sciences. Il faudra aussi qu'il accepte de tenir compte de ce qui est connu en apprentissage des sciences, de ce que les pédagogues et les psychologues ont découvert dans ce domaine. Il faudra aussi que de nouveaux outils didactiques soient forgés pour permettre la poursuite efficace de ces objectifs et il faudra enfin que des moyens d'évaluation appropriés soient mis au point.

A-t-on les compétences requises pour mener à bien une telle démarche et pour réaliser tout cela? J'en suis certain. Serons-nous capable de mener correctement cette démarche à terme? Je le souhaite ardemment, mais je n'en suis malheureusement pas certain, du moins à court terme. En effet, comme l'ont déjà montré bien des psychologues et des sociologues, les forces de résistance aux propositions de changement rationnel sont très nombreuses (Watzlawick, Weakland, Fish, 1975).

Qu'on se souvienne que dans les années soixante, Brunner (1960) déplorait que l'enseignement des sciences se fasse comme du bourrage de crâne. Dans les années soixante dix, Giordan (1978) déplorait la même chose et trouvait que la situation n'avait pas évolué. Dans les années quatre-vingt, le Conseil des Sciences du Canada (Orpwood, Souque, 1980) faisait encore les mêmes constatations.

Si rien ne change vraiment dans l'enseignement des sciences malgré tous les constats qu'il y a des choses importantes à changer, il serait intéressant d'établir pourquoi ...

Heureusement, nous avons maintenant un nouvel outil qui peut être très puissant et très versatile: l'ordinateur. Il nous reste à l'utiliser intelligemment pour permettre aux étudiants de développer une meilleure formation fondamentale en sciences.

Bibliographie

- BLOUIN Yves. Réussir en sciences. Cégep F.-X. Garneau 1986.
- Brunner Jerome. The Process of Education. Vintage Book. 1960.
- Désautels Jacques. École + Sciences = Échec. Québec Science, 1980.
- Désautels Pierre. PIAGO ou Le développement de l'intuition de phénomènes physiques grâce aux simulations interactives. Collège de Rosemont, 1985.
- Gingras Paul-Emile. Pédagogie collégiale Vol 2, no 1, oct 88, pp 31-32
- Giordan André. Une pédagogie pour les sciences expérimentales. éditions du Centurion, 1978.
- Henry Michel. Ce que la science ne sait pas. La Recherche, mars 1989, pp 422-426.
- Hestenes David, Abou Halloun Ibrahim. The initial knowledge state of college physics students. Am. J. Phys. 53 (11), Nov. 1985.
- Laliberté Jacques. La formation fondamentale. La documentation française. CADRE 1987
- Laliberté Jacques. La formation fondamentale. La documentation américaine. CADRE 1984
- McCloskey Michael, Washburn Allyson, Felch Linda. Intuitive Physics: The Straight-Down Belief and Its Origin. in Journal of Experimental Psychology: Vol 9 No4, pp 636-649 1983.
- McDermott, Lillian C. Research on conceptual understanding in mechanics. Physics Today, V 37 No 7 (1984) pp 24-32.
- Morin Bernard. Les programmes d'études et la formation fondamentale. in pédagogie collégiale, oct 88, pp 38-42
- Orpwood G.W.F., Souque J.P. L'enseignement des sciences dans les écoles canadiennes. Conseil des Sciences du Canada, 1984.
- Shapin Steven. Le technicien invisible. La Recherche, mars 1991, pp. 324-329.
- Thuillier Pierre. Isaac Newton, un alchimiste pas comme les autres. La Recherche, juillet-août 1989, pp. 876-887.
- Thuillier Pierre. Épistémologie et romantisme: la "fin de la science". La Recherche, février 1989, pp. 268-271.
- Thuillier Pierre. De l'art à la science: la découverte de la trajectoire parabolique. La Recherche No 191, pp 1082-1089, 1987.
- Thom René. Prédire n'est pas expliquer. Eshel. 1991.
- Tobias Sheila. They're not Dumb. They're Different. Research Corp. Tucson, 1985.
- Watzlawick P., Weakland J., Fish R. Changements. Ed. du Seuil, 1975.